

引用非特許文献

特許出願の番号

特願2003-371506

作成日

平成20年 6月18日

作成者

荒巻 慎哉

8703 2Q00

発明の名称

乳児運動解析システムおよび乳児運動解析方法

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。  
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

BPES 2000 第15回生体・生理工学シンポジウム論文集

記事番号 0047 1C4-3

# 新生児・乳児の自発運動の3次元運動解析

## 3D Motion Analysis of Spontaneous Movements of Newborn and Young Infants

多賀殿太郎<sup>1,2</sup>、立花達史<sup>1</sup>、高谷理恵子<sup>1</sup>、竹内恵子<sup>1</sup>、小西行郎<sup>1</sup>

Gentarō TAGA<sup>1</sup>, Tomohiro IKEJIRI<sup>1</sup>, Tatsushi TACHIBANA<sup>1</sup>, Keiko TAKIUCHI<sup>2</sup> and Yukuo KONISHI<sup>3</sup>

東京大学大学院総合文化研究科、<sup>1</sup>JST さきがけ 21、

<sup>1</sup>福島大学教育学部、<sup>4</sup>福井大学教育地域科学部、<sup>5</sup>埼玉医科大学小児科

<sup>1</sup>Department of Pure and Applied Sciences, University of Tokyo, <sup>2</sup>PREST, JST,

<sup>3</sup>Fukushima University, <sup>4</sup>Fukui University and <sup>5</sup>Saitama Medical School

**Abstract:** We report our new study of 3D motion analysis of spontaneous movements of young infants. 14 reflective markers were attached to the infant body and movements were recorded by 4 cameras. We present longitudinal data of an infant whose spontaneous movements were measured every month from 1 to 4 months of age.

### 1. はじめに

新生児や生後4～6ヶ月までの乳児は、仰向けの姿勢で General Movement (GM) と呼ばれる自発運動を行う。GM は何も外的刺激のないときにでも数秒から数十分にわたって連続して生じる運動である。したがって、GM は古典的な反射では説明することができない運動である。また、GM はリーチングなどの明らかな随意的な運動が発達する以前の段階で見られることから、運動の発達にどうして何らかの機能的役割を果たしている可能性がある。

Prechtl らは、GM が複雑さと流暢さで特徴づけられることや、GM のパターンが2ヶ月ごろ変化することなどの観察結果を初めて報告した[1,2]。さらに、訓練された医師が GM のパターンを見るだけで脳性麻痺など予測が可能であることなども報告している[3]。

多賀らは、GM をビデオに記録し、手先と足先の運動軌跡の2次元平面への射影を計測した。そして、力学系の位相空間上での運動の決定性を調べたところ、GM が線形相関を持ったノイズではなく、非線形の決定論的なダイナミクスに従っていることを示した。また、脳性麻痺の児の GM が周期性の強い単純な運動になっていることなども示した[4]。

ここでは、GM をさらに定量的に計測することを目指した3次元運動計測の試みを報告する。生後数ヶ月以内の新生児や乳児の全身の自発運動の3次元計測は、著者の知る限りこれまで例がない。その手法の確立と予備的な結果について報告する。

### 2. 方法

計測には、モーションアナリシス社製の3次元動作解析システムを用いた。その仕様について簡単に述べる。図1のように4台のカメラ(60Hz、ノンインターレース)を用いた。それぞれのカメラには、赤色光のLED ストロボとフィルターがついており、被験児の身体上に付着した球形の反射マーカに反射した光だけを撮影することができる。計測前に、立方体のキャリブレーションフレームにおいて、3次元での基準座標を決定する。4台のカメラからの画像は、それぞれVTRで記録する。ただし、同期をとるために、同期信号発生器からの信号を一定時間ごとに音声トラックに入力する。撮影後に、ビデオテープの任意の場所から解析をする部分を選び、ビデオボードによりデジタイズを行いマーカの位置を抽出する。そして、4台のカメラのマーカの位置のデータから、それぞれのマーカの3次元座標を計算する。

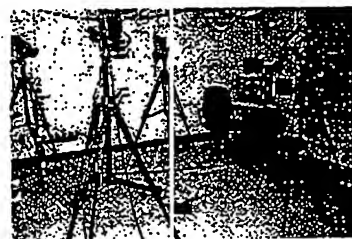


Fig1. 3D motion analysis system.

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。  
取扱いにあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

直径1cmの反射マーカ―を、筋電図などのディスプレイに使用されているソリッドゲルを用いて皮膚に貼った。計測前に被験児の腹を脱がせて、計14個の反射マーカ―を図2のような位置に貼った。計測は15分間を目安とした。被験児が覚醒していて機嫌良く動いているときだけ計測を行った。

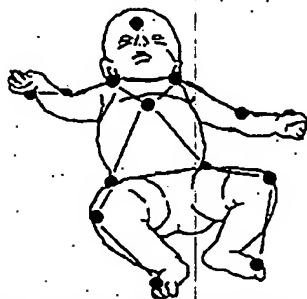


Fig. 2 Positions of reflective markers.

計測後に3次元動作解析のソフトウェアを用いて、14個のマーカ―の3次元座標の同定を行った。あるカメラから見た場合、しばしばいくつかのマーカ―が隠れてしまうことは避けられなかった。このため、マーカ―の自動追跡ができなくなり、マーカ―の帰属をかなり手動で行う必要があった。少なくとも2台のカメラにマーカ―が映っていれば、3次元座標を決定することができるが、それも不可能になることが時々あった。この場合は、マーカ―の座標値が欠損してしまった。ただし、欠損の時間が十分に短い時に限って座標値の補間を行った。

### 3. 結果

被験児1名について、生後1、2、3、4ヶ月のデータが得られた。それぞれ、15分程度の計測を行い、少なくとも連続した2分間のGMの運動軌跡を得ることができた。

#### 3.1. 運動軌跡の発達にともなう変化

図3に、14個のマーカ―のうち、左右の手先及び足先だけの座標の軌跡を示した。一見して目立つ特徴は、生後3~4ヶ月からは、2軸方向すなわち重力方向に手先や足先を伸ばすような運動パターンが増えていることである。

これらの軌跡のパターの複雑さを定量化するための一つの方法は、若者が2次元のGMの運動解析で行った非線形予測法の解析である[4]。ここで示したデータの量はその解析を行うにはまだ十分でないため、現在、被験者数とデータ数を増やしている。

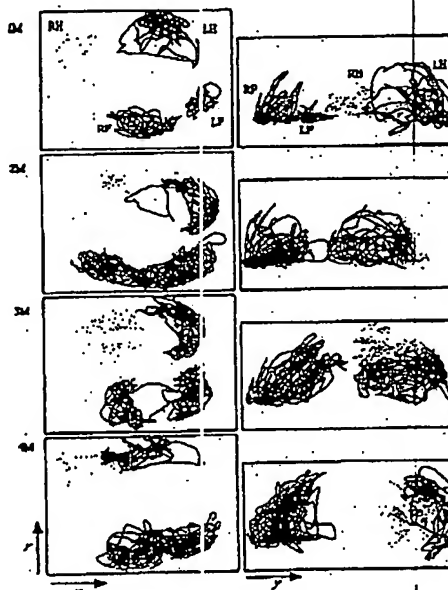


Fig. 3 3D trajectories of General Movements (GM) of an infant from 1 to 4 months of age.

#### 3.2. 運動軌跡の“1/3乗則”

成人の手先の運動に関しては、運動軌跡の接線方向の速度  $V$  と曲率半径  $R$  との間に

$$V(t) = kR(t)^{1/3}$$

のような法則が成り立っていることが良く知られている[5]。つまり、カーブのきつい運動はゆっくりと、直線的な運動は素早く行われる。この法則と脳神経系による運動軌跡の計画との関係が議論されてきた。そこで、GMの手先および足先の運動軌跡に関して、こうした法則が成り立っているかどうかを調べた。

図4は、上記と同じ被験児の右手の3次元座標から、接線方向の速度と曲率半径を求め、両対数プロットし

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。  
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

たものである。全体の傾向としては、生後1ヶ月から4ヶ月にいたるまで、右上がりの傾きを持っていることがわかる。つまり、新生児から異常乗則がおおまかに成立してしている。このことは、異常乗則が脳神経系による運動軌跡の計画の結果として生じているというよりは、神経筋骨格系のダイナミクスの一般的な性質に由来することを示唆する。

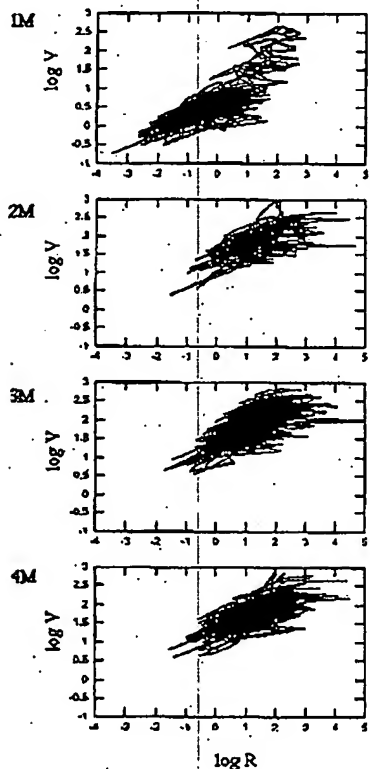


Fig. 4 Tangential velocity ( $V$ ) versus radius of curvature ( $R$ ) of spontaneous movements of right hand of an infant. Longitudinal change from 1 to 4 months of age are presented.

### 3.3. 関節角度の計画

14 個のマーカーの配置から、肩関節3自由度、肘関節1自由度、股関節3自由度、膝関節1自由度の関節角度を得ることができる。図5はそれらのうちから、左右の肘関節と膝関節の角度変化を示している。マーカーの隠れによって、データの欠損がところどころできてしまう。今後、被験者数、データ数を増やし、このような関節角度空間での運動パターンの発達にともなう変化を調べる予定である。

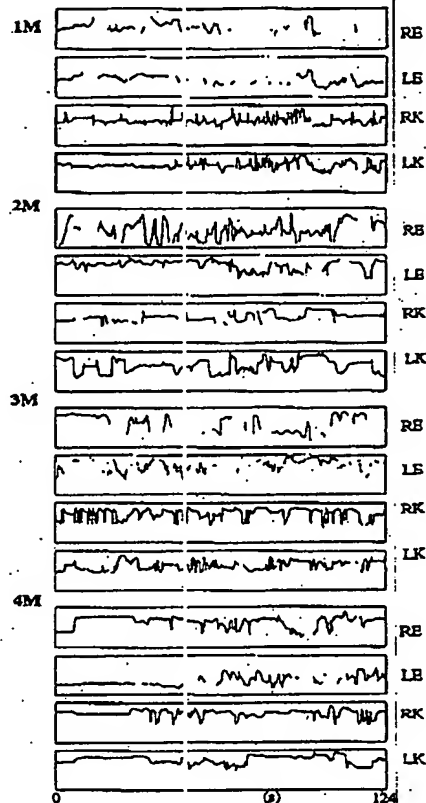


Fig. 5 Angular displacements of right elbow (RE), left elbow (LE), right knee (RK) and left knee (LK) during general movement (GM). Longitudinal change from 1 to 4 months of age are presented.

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。  
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

#### 4. まとめと考察

新生児・乳児の自発運動に関する全身の運動軌跡を3次元で計測する試みについて報告した。全身につけた14点のマーカーの位置の軌跡をほぼ追跡できることがわかった。ただし、現在の4台のカメラでは、完全にはマーカーの隠れによるデータの欠損を防ぐことができなかった。現在のマーカーの配置では手首関節や足関節の変位を得ることはできない。しかし、被験児の負担や3次元動作解析システムの能力を踏まえると、全身運動の計測としては14点程度のマーカーが適切だと考えられる。

うまく得られた軌跡や関節角度からは、様々な運動パターンの評価が考えられる。非線形予測法による運動パターンの複雑さの定量化や、運動軌跡の接線方向の速度と曲率半径との間の因果則の検証など、今後多くの課題がある。そして、このような新生児や乳児の運動発達の研究は、運動制御に関する新しい考え方を提供するものと期待される。

#### 謝辞

本研究の一部は、未来開拓プロジェクト「生命情報」の援助を受けた。

#### 参考文献

- [1] Prechtl HFR, Hopkins B (1986) Developmental transformations of spontaneous movements in early infancy. *Early Hum Dev* 14: 233-238
- [2] Hadders-Algra M, Prechtl HFR (1992) Developmental course of general movements in early infancy. I. Descriptive analysis of change in form. *Early Hum Dev* 28: 201-213
- [3] Prechtl HFR, Einspieler C, Cioni G, Bos AF, Ferrari F, Sonthimer D (1997) An early marker for neurological deficits after perinatal brain lesions. *Lancet* 349: 1361-1363
- [4] Taga G, Takaya R, Konishi Y (1999) Analysis of general movements of infants towards understanding of developmental principle for motor control. *Proc. IEEE SMC*, V678-683
- [5] Lacquaniti F (1989) Central representations of human limb movement as revealed by studies of drawing and handwriting. *Trends in Neurosci.* 12, 287-291